第二篇　農藝作物

第一章　稻米改良研究

郭益全、陳一心、蔡新聲

稻作是臺灣最重要之農業產業之一。而臺灣稻作之起源，依已發現各種史前出土遺物考証，應可追溯到三、四千年前，但卻遲至十七世紀初業始有文獻可考。據 1602 年 (明萬曆三十年)「閩海贈言」書中「東番記」一文記載：「東番夷人不知所自始…。無水田，治畬種禾，山花開則耕；禾熟，拔其穗，粒長比中華稍長，且甘香……」。可見，在西元 1602 年代臺灣原住民稻作栽培尚處於極原始之狀態。此後，歷經荷人治臺之招募大陸漢人農業移民及積極獎勵種植甘蔗與稻、明鄭以後大量漢人移居臺灣之陸續攜入稻種、大和民族據臺之有計畫引種暨改良及中華民國政府遷臺為供應軍胥民食就稻作產業之一番作為，臺灣之稻作於焉燦然。臺灣稻作之現代化與農業試驗研究有密切關係，而過去一百年中，本所的諸多研究成果亦對本省稻作生產改進有輝煌的貢獻。茲以臺灣光復為分界點，概述本所 (包含總所與分所) 在臺灣稻米品種改良過程中所扮演的角色。

光復前的稻米品種改良

在日本人據臺之前，臺灣栽種的稻種大致可分為兩個系統，即前已述及原住民所耕種之陸稻，及漢人移民所攜來之臺灣在來稻。原住民耕稼之陸稻植株多較高大，穗長而重，是否屬於爪哇型，有待考證，但相信是原住民自南太平洋諸島移來時，為因應主食暨釀酒之需而攜入 (目前被稱為臺灣山地稻)。至於所謂的臺灣在來稻品種，概由漢人引入，而大部份是自明鄭時期以來，隨大量漢人移民陸續由大陸閩粵各地所帶來，其種類甚為繁雜，據西元 1906 年日人之調查記錄，全臺栽培之稻品種計有 1,197 個 (計梗稻 882 種，糯稻 315 種；或第一期作品種 382 個，第二期作 580 個，中間作 80 個，旱稻 155 個)，個別品種栽培面積概不廣，且品質粗劣。

西元 1895 年中 (清) 日甲午戰後，臺灣依馬關條約被割讓給日本。日本在統治臺灣約五十年，其間施行「工業日本，農業臺彎」的殖民政策。在農業方面專注糖、米、樟腦等之生產，政策重心雖在如何增加農業生產，使日本能在臺灣獲得更多之農產品供應及經濟利益，但不可諱言的，日人在臺灣持續與系統性的興修水利設施及進行稻作改良工作，也具有不可抹殺之貢獻，對臺灣稻作現代化扮演極其重要之角色。

日人對臺灣稻米之改良工作，是於 1895 年日軍佔領臺北城後五年，即 1899 年開始引進日本稻品種 (日文獻稱內地種) 進行馴化試驗為開端，但對於臺灣在來稻 (或稱土種) 的改良工作，則於佔領臺灣後大約十年，即 1906 年才開始進行臺灣在來稻品種之整理。至於原住民栽植之陸稻，則從未予以改良利用。茲將日人據臺期間對臺灣在來稻及日本稻 (後被稱為蓬萊米) 之改良工作分項敘述如後。

一、臺灣在來稻之改良

日人對臺灣在來稻之改良工作可概分爲栽培與收穫後處理及品種改良等兩方面，而其重點工作大致可分爲四個部份：

(一)普通計畫：限制土種、採收原種、剔除混雜，在繁殖二年後，分發農家。

(二)特別計畫：純系分離、區域適應性試驗、引種。

(三)獎勵措施：在臺灣東部獎勵雙季栽培；在各處獎勵驅除病蟲害、施肥、綠肥、密植、公共秧田。

(四)米穀檢查和專倉保管：在各地設立米穀檢查所和倉庫，確保米穀品質。

日人改進臺灣在來稻栽培與收穫後處理之年代記要爲：1904 年獎勵鹽水選種，開始移 (輸) 出米之檢查，1908 年獎勵栽培綠肥，1909 年獎勵建立堆肥小屋；1910年開始品種改良、獎勵冊式秧田與共同秧田、共同購買肥料、委託區域試驗，1913 年設立農業倉庫，1920 年獎勵拔稗與密植、稻田競賽、開鑿水利， 1925 年檢查種穀與秧田。

在品種改良方面，最主要的工作是限定栽培品種及剔除異品種及紅米。由於當時栽培品種極雜，個別品種栽培面積概不廣，就同一品種而言，不僅不能一次收穫大量產米，且常有多量紅米、烏米、茶米、異品種及稗等混淆在內，致使品質粗劣，商品價值不高。其中以紅米混雜問題最爲嚴重，依據 1909 年抽查，在一升糙米中，紅米混有率最多者爲 4,298 粒，最少者約 832 粒，平均爲 1,761 粒。爲求改進米質，日人首先於 1906 年整理當時栽培之品種，隨後自 1910 年至 1913 年，以四年爲一期，逐步限定栽培品種及剔除異品種暨紅米，並在現定品種中，剔除混雜。由於績效頗著，故自 1915 年起繼續進行第二次計畫，其步驟爲第一年決定供選材料試作，第二年行系統分離試驗，第三年執行遺傳力試驗，第四年則爲生產力試驗。所得優良純系即成爲將供推廣之限定品種，於次年行原種繁殖。經上述改良後，每一品種平均栽培面積約增 8－9 倍，紅米及混雜已大致剔除，米價提高約6% ，單位面積產量增加約 23% 。

自 1920 年起，稻米品種改良仍以混合選種爲育成原種之最主要方法，惟實施年限則改爲每次三年，進行改良工作之主體除本所外，尙包括中央研究所農業部、州立農事試驗場、州農會育種場等團體或篤農。以本項混合選種法改善土種共連續執行九次，但自第八次起，育成原種之主體限定僅爲試驗場；其方法爲第一年採集原穗，採穗後檢視先端、中間、基部之米粒，查看有無紅米與花粉直感 (xenia) 粒，行一穗一系統栽培，每品種 150－200 系統，於第二年分別播種，嚴格汰選，經田間調查、室內考種，每品種留 10 系統。第三年再針對初選之 10 系統做詳細調查與考種，經有關人員討論後，由農會支會原種田繁殖，俾分發農家行商業栽培。

由以上日本人對臺灣在來稻改善之具體作爲，可知對臺灣在來稻之改良工作並不深入，其主要原因當與臺灣在來稻米質不足以滿足日本市場要求及日本稻 (後被稱爲蓬萊稻) 在臺灣栽培成功之事實有關。但日本人仍綜合多年對臺灣在來稻之育種基礎試驗成果，由磯永吉博士於 1928 撰成「臺灣稻之育種學研究」一文，系統敘述對臺灣在來稻種原、遺傳、育種方面之論證，頗值一讀。

二、日本稻 (蓬萊稻) 之開發

日人治臺前，臺灣原無栽培日本稻種之記錄與經驗，日本人佔領臺灣約五十年期間，對於如何在本省環境下建立日本稻之栽培方法與選育適合品種，投入極多，終能奠定日本稻在臺灣稻作產業屹立不搖之地位；換言之。開發日本稻可說是日本人對臺灣稻作產業最重要之貢獻。

蓬萊稻名稱之由來係日本人為區別日本本土日本稻與被亞熱帶風土馴化的臺灣日本稻品種，稻作專家磯永吉博士在 1926 年 5 月 5 日於臺北鐵路旅館召開之日本米穀會第 19 次大會中，建議自「蓬萊米、新臺米、新高米」擇一代表在臺灣栽培之日本稻，經日本總督伊澤多喜男選用「蓬萊米」，而成為臺灣產日本種稻米之專用名稱；其後凡在臺灣經改良育成之日本種稻，均稱之為「蓬萊米」。

日本人佔領臺灣約五十年期間，對蓬萊稻之開發大概可分成引種、純系選種與雜交育種等三階段，茲分述之。

㈠引種

嚴格而言，引種本身並不能被視為真正的育種行為，但因本法既經濟且收效迅速，故被廣為應用。引種的育種意義可分為兩個層次，一為引進本地未曾栽培之優良植物試栽，進而建立該作物之經濟栽培制度；二為徵集國內外農業試驗場所或農家廣被栽培之優良品種，直接供本地栽培，或間接做為選種與雜交之材料。引種正是日人據臺建立所謂「蓬萊米」生產之重要手段，而內涵則兼具兩個層次之育種意義。

日本人佔領臺灣後，為適應其國內市場需要，臺北農事試驗支場首於 1899 年自日本本土農商務省農事試驗場九州支場引入神力、都、江戶、中村、穗增、巾著、三石、白玉、今長者及竹成等十個品種，翌年又自鹿兒島引入金玉、白藤、竹成撰等品種，自福岡縣引入佐賀萬作及白道海等品種。自 1903 年起由總督府農事試驗場繼續進行引種馴化試驗，當時除在北部若干氣溫較低之山區高臺地 (如陽明山竹子湖) 獲致成功外，上述品種並不適於一般平地栽培；這些日本內地稻之主要缺點為生育期間短、植株低矮、分蘗數少、抽穗不齊等。依據記載，臺灣在 1912 年栽培日本稻之面積僅三甲，但卻有逐年增加之趨數，主要原因為高臺地盛栽日本稻之刺激及日本稻可銷至日本本土且商品價極高。後於 1919 年至 1922 年期間，臺北帝大無意中發現縮短秧苗期 (日人稱苗代，一期作 30 日，二期作 17 日) 即可改善平地栽培日本稻之上述四項缺點 (按當時日本稻之苗齡係仿臺灣在來稻之栽培方式，使用老秧苗，一期作 60 日，二期作 30 日)，本省栽培日本稻之制度因而確立。自 1895 年日本佔領臺灣後開始引進日本稻品種，至 1922 年為止，歷經約二十二年長期試驗，方使栽培完全成功，並於 1926 年由當時臺灣總督伊澤多喜男正式命名為「蓬萊米」。這種被亞熱帶風土馴化的日本稻新品種，迅即壓倒臺灣在來種，並隨著 1930 年代嘉南大圳的完成，逐漸由北而南席捲全島，奠立臺灣稻作以「蓬萊米」為主之輝煌時代。

當時引入品種中最適應臺灣環境者為中村，中村是臺北農事試驗支場於 1899年由九州支場引進，日本現已無此品種 (另一說為引進者在攜帶時遺失品種標簽，乃將自已姓氏權充；據調查，其性狀似與日本尙有之「都」品種極為相近)。「中村」在臺灣全盛時期的栽培面積超過十一萬甲，但就在蓬萊米被定名的 1926 年，中村品種受稻熱病為害，幾於全滅。

㈡純系選種

臺灣地區在 1926 年第一期作的稻熱病發生極為猛烈，農民損失嚴重，當時負責之農業機構乃由已引進之品種中進行耐病純系選種，而 1926 年至 1930 年之五年之間選出經農民栽培者有中村、佐賀萬作、竹成、三井、龜之尾、朝鮮、白藤、京都旭、盤田朝日、臺北 68 號、愛國、旭、日之出選、神力、有芒朝日、與吉選及伊豫仙石等耐病之替代品種，並配合消毒稻種與處理被害稻株，才漸次控制稻熱病流行之危機。此後，於 1931 年至 1943 年間，再由

日本稻中村、佐賀萬作、伊豫仙石、旭、愛國、龜之尾、日之出選、神力、有芒朝日、相川、吉野等品種中分離出較耐(抗)病之純系多個，例如臺中特1號、2號、6號及嘉義晚2號等。其中臺中特1號是由「日之出選」選出、臺中特2號由「神力」選出，嘉義晚2號自「伊豫仙石」分離而來，臺中特6號由「有芒朝日」選出。嘉義晚2號除對稻熱病稍具抵抗性外，穗型大，產量亦高，釀成多收栽培之機運，故其栽培面積漸次增加，係當時蓬萊稻中栽培面積最廣之品種。

㈢雜交育種

日據時代之稻雜交育種均在臺中進行，並由原農業試驗所臺中農業試驗支所與臺中農林總場合作辦理(臺中農業試驗支所民國37年奉命裁撤)。如以光週期理論發現後之育種應用爲分界點，可將雜交育種工作分成兩期。

前期(自1922年至1930年)的主要工作是由重要之限定品種或分離系統中，行目標組合之雜交。從抗病性、產量、品質等方面皆達一定水準之品種開始，希望建立一內容豐富之品種群。此期育成品種以臺中65號最有名，因本品種爲適宜兩期作栽培之梗稻品種，故迅速普及全省，爲早期本省育成適應性最廣之梗稻品種，臺中65號之親本分別爲龜治與神力。

自1930年以後實際運用光週期理論，將以前選定之限定品種，重行檢定分類，並蒐集世界稻種原，擴大雜交範圍。雜交組合已不再限定爲日本稻與日本稻之雜交，其他如日本稻與臺灣稻及日本稻與引進稻種原之雜交也普遍被進行。

據磯永吉博士在「蓬萊米夜話」一文(刊載於臺灣農林8卷5期，1953年出版)稱，在一次食味品嚐中，臺農16號之食用品質爲當時臺灣育成蓬萊米中最好者，對照近江旭第二，而臺中65號居末。但磯永吉博士等並不認爲蓬萊米之食味已與日本米達到相同位階，亦即蓬來米在食味方面努力之空間仍在。按臺農16號爲當時之臺灣總督府農業試驗所以盤田朝日與嘉義晚2號於1925年雜交所育成。

光復後的稻米品種改良

臺灣光復後，本所改隸臺灣省政府，雖然隨著各支所之裁撤與各區農業改良場所之設立，本所已不復日據時代完全主導本省稻作品種改良之强勢地位，轉爲與各農業改良場共同進行研究工作，但在歷任所長與本所同仁之戮力合作下，本所在本省稻作試驗方面成果最豐，仍具舉足輕重之領導地位，玆依遺傳、育種技術、水稻花藥培養技術、育種實績等方面將分述如下。

一、遺傳研究

本所之稻作遺傳研究以細胞遺傳研究室爲主軸，研究之重點隨光復後時世之推移而異，大致而言，光復至1967年間爲一期，此期爲質的性狀遺傳研究之闡揚時代；此後至1978年間爲數量性狀最被重視及水稻花葯培養之萌芽壯大期，組織培養研究室即於1978年由細胞遺傳研究室分出單獨成立。在1980年代，細胞遺傳研究室之研究重點專注於品質性狀及大粒種原之利用研究，而1991年以後細胞遺傳研究併入稻作育種研究，另於1993成立分子遺傳研究室，亦參與水稻改良試驗工作。

詳言之，光復初期之稻作遺傳研究著重於秈梗稻品種鑑別方法之探討，採用組織解剖比較與對化學葯劑反應等技術。1948年以後，鑑於誘變育種之重要，本所亦從誘變原及劑量方面探討水稻人工誘變之可行性，並藉轉座異型體、轉座同型體之獲得進行連鎖分析，此項研究間斷

進行直至 1976 年爲止。

人工誘變研究之最盛時期在 1952 年至 1960 年之間，1954 年以後，本所注意到秈梗稻雜種不稔性問題，於是進行雜交 F_1 世代染色體行爲之細胞學觀察，此類觀察前後持續大約三年，止於 1957 年。基於稻品種對日長及溫度等環境因子之反應有所不同，有關水稻對光週期與溫度之研究亦曾受重視，唯本項研究雖然早自1947 年即被觸及，但較受重視之期間則在 1954 年至 1957 年及 1962 年至 1964年之間。稻熱病遺傳因子分析開始於 1959 年，藉玻璃溫室幼苗接種法及田間自然發病之方式，進行稻熱病之遺傳分析，此一工作於 1968 年結束。自 1958 年以後，細胞遺傳研究又進入另一歷程，投入大量人力從事質性狀遺傳因子之分析，在矮性基因、各部位顏色、穀粒絨毛、葉舌有無、護穎長短、穗散開性等方面進行系統性研究，而於 1971 年結束。自 1968 年以後，工作重點轉爲與產量有關性狀方面遺傳之探討，舉凡不同環境條件下，穗數、穎花數、千粒重、結實率等主要數量性狀之遺傳與變異，皆在研究範圍內。1973 年水稻花葯培養工作萌芽，由於其潛能極大，研究規模快速擴張，工作成果獲致肯定，乃於 1978 年獨立成爲組織培養研究室。 1981 年以後，由於本省經濟轉型，省民對稻米之需求已由量轉爲質，而本所早自民 1978 年起即已針對稻米營養品質進行研究，迄今爲止，曾針對重要米粒外觀、烹調與食用品質等性狀進行系列深入之遺傳與變異研究。茲分項略述重要研究成果如次。

㈠秈稉稻品種之鑑別研究

相關研究方法可歸納爲三大項，即(1)不同來源稻品種對石炭酸 (phenol)之染色反應與在磷酸鈉 (Na_2HPO_4) 溶液中之發芽現象，(2)秈稉稻諸農藝性狀與米粒化學成分之比較，及(3)以徒手切片觀察秈稉稻根莖葉之內部構造。

在不同來源稻品種對石炭酸染色反應方面，發現供試品種可大別爲穀粒能染色與不能染色等兩大類，其中穀粒能染色者又可分成糙米能染色及不能染色者等兩種。而穀粒不能染色者，其糙米亦不能染色。綜合言之，日本水稻爲不能染色型 (稉型)，臺灣水稻爲染色型 (秈型)，日本陸稻、臺灣山地陸稻、中國種 (華南品種)及南方種則秈稉皆有之。

在磷酸鈉溶液之發芽試驗中發現秈型與稉型品種在發芽百分率、發芽速率、平均發芽日數等均有顯著差異，且在磷酸鈉溶液與水中之情形相當一致，均呈秈稻有較優之發芽百分率、較快之發芽速率及較短之平均發芽日數。

比較兩型品種重要農藝性狀之差異，發現秈稻之變域較大，稉稻變域較小。普通葉長、普通葉闊、劍葉長度、劍葉闊度、穗長、每穗粒數等性狀，兩型之平均差異幾無，但秈型則有有效分蘗數較多、植株較高、劍葉角度較小之趨勢；穀粒性狀方面則以稉稻有較高之千粒重、糙米比重及出米率；化學成分方面則稉米有較高之醣分及脂肪，其脹性雖較差，食味則較佳。秈米之蛋白質及澱粉 (應爲直鏈澱粉、amylose) 含量較稉米爲高，脹性大，食味較差。

以徒手切片製做秈稉兩型根莖葉切片，進行內部組織構造比較，發現秈稻根部之導管數有較稉稻爲多之傾向，後生導管及中心柱面積對全根面積之百分比，亦以秈稻較高。在莖部方面則發現秈稻之莖較粗，內層及外層維管束較多，機械組織則以稉型較爲發達。此外，秈稻之葉片較寬而薄，氣孔稍多而小，大小維管束數目較稉稻爲多。

㈡人工誘變試驗

本項研究之目的在究明各類誘變原與劑量之誘變效果，曾被使用之誘變原先後有X-ray、秋水仙素、鈷 60、熱中子及 EMS 等物理與化學誘變原。就劑量言，劑量愈高，影響愈大，

但種子殘存率愈低。誘變後明顯改變的性狀為抽穗期提早或延遲、結實率降低、株高降低、葉綠素缺乏、穗形改變為散開或密實、抗病蟲性提升、感光感溫性改變等。在結實率方面，發現後代有不連續分離之半不稔系統及連續性分離之不稔系統兩類；經進一步探討結實率呈不連續分離之半不稔系統，細胞學觀察結果認為係轉座異型體，其機制是染色體構造發生變化，四價染色體可能呈環形、鏈形、球形或其他形狀，顯示染色體間發生相互轉座。本誘變試驗獲得各性狀產生突變之各類突變體，其最終用途在經進一步測驗其是否為轉座異型體，以便再與原品種回交，分離轉座同型體而供遺傳基因連鎖分析。

又人工誘變處理一向以種子為對象，本所亦曾探討由水稻在幼穗分化至抽穗期間接受誘變之可能性，結果發現 X-ray 處理以1500 r 之線量最為適當。

突變矮稻發生之主要原因並非節數減少，而是每個節間之縮短，尤以基部各節縮短程度最高，經以激勃素處理這些突變矮稻，發現大部份矮稻株高有顯著增高反應，小部份則無，甚至有抑制作用。

最近本所從疊氮化鈉誘導稉稻臺農 67 號之突變品系中，已發現許多抗稻熱病菌系及褐飛蝨之突變體，正在進行分子遺傳分析中。

㈢秈稉雜種不稔之細胞遺傳研究

秈、稉稻雜交或遠緣雜交常有不同程度之雜種不稔性，本所以稉 (日本型)、秈 (印度型) 及美國稻 (秈及稉型) 約 30 個品種雜交所獲得之 50 個組合進行研究，發現除少數組合外，秈與稉或稉與秈之 F_1 結實率均較低。經以塗抹法觀察此等材料花粉母細胞之染色體，由細胞遺傳學立場探討雜種不稔之原因，得知在第一分裂後期可能發生染色體橋、染色體斷片、滯留染色體 (laggard) 及 stretched chromosome 等現象。染色體橋發生頻度因 F_1 組合之不同而有異，多介於11-15% 之間，在親本與 F_1 雜種染色體橋出現頻度之相關方面，母本與 F_1 間為 r=0.499，父本與 F_1 間為 r=0.065，又親本與 F_1 之複迴歸 R^2 =0.268，此值徘徊於 5% 顯著水準附近。染色體橋形成之傾向可歸為遺傳型之特性，並為可遺傳者。

染色體橋之出現頻度與花粉粒及種子結實率之相關分析結果顯示，與花粉結實率為 r= 0.071 (n=26)，與 F_1 雜種之間為 r=0.186，皆不顯著，由此可推定染色體橋可能對不稔率無影響。

㈣對日照及溫度等環境因子反應之研究

本所早於 1947 年即曾對引入之亞洲熱帶稻 (秈稻) 進行日照感應性之初步研究，發現 10 小時日照之短日處理可顯著提早花期而正常結實。於 1954 至 1957年間 (前期) 及 1962 至 1964 年間(後期)，不僅進行試驗的方式不同，在選擇參試水稻材料與對光週反應之估計方法方面亦有改變。前期試驗以盆栽及人工控制日照 (短日處理之日長為 9 小時，長日處理為 24 小時，田間普通栽培為對照)，採用光週感應指數 (index of photoperiod sensitivity) 為計算方式，將日本、本省、全國、美國、南洋等不同來源之 185 個水稻品種歸納成鈍感、敏感、極敏感與第一季 (一期作) 敏感及第二季 (二期作) 極敏感等五群，其中對光週鈍感的品種以臺灣蓬萊種最多，美國種及南洋種則以敏感者較多。後期試驗則在試驗農場內自然光照的條件下進行，以 Tangent day minute (TDM) 表示感光性之強弱，1962和 1963 年的試驗材料相同，以遺傳因子標示稻供試，1964 年以放射線突變稻與親本之比較為重點。結果發現供試材料中感光性最強者為 J-314 (瑞穗)，其 TDM為 90.0，最弱者 SP-8-1 之 TDM 為 1.2；同時又發現親本

如臺中65號、嘉南8號、高雄27號、嘉農242號等之突變體可產生種種不同程度之感光性系統。

一般而言，凡感光性弱之品種，其感溫性則比較强，顯示溫度對稻生育期之影響很大，試驗數據指出溫度每升高攝氏一度時，對稻之花芽分化與一般成長，即有明顯的促進作用。

(五)抗稻熱病之遺傳分析

抗稻熱病之遺傳研究期間爲1959-1968年，由謝順景博士主持。最初以葉稻熱病爲標的，於容易發生稻熱病之地區進行，不予接種而任水稻自然發病。1961年利用不同雜交組合材料進行研究，認爲支配抗葉稻熱病之因子或爲一對顯性因子或至少二對；1962年探討葉鞘接種法應用於遺傳研究之可行性，結果認爲取用較嫩之葉鞘爲佳，此期間內之所有試驗均未曾考慮到稻熱病生理小種問題。1968年試驗再度得知抗稻熱病可能由二對互補遺傳因子 (complementary gene) 或一對顯性因子控制，後來發現就葉稻熱病言，於玻璃室內經接種之幼苗與田間試驗的結果大致相同，並認爲支配葉稻熱病之因子至少有二對，支配穗頸稻熱病則至少有三對，葉稻熱病與穗頸稻熱病之表現型相關因組合之不同而異，遺傳力約爲0.4-0.9。

1964年開始進行對稻熱病生理小種抗性之遺傳分析，於溫室中進行試驗，或採子孢子懸垂液接種，或以人工噴霧接種，或以懸濁液行葉鞘接種，進行本所植病系分離得之葉稻熱病第4、13、22、25等生理小種抗性之遺傳分析，結果發現對各該生理小種之抗性概爲一對顯性因子所控制，間有若干組合受二對或二對以上之因子所支配；兩抗病因子間未發現有連鎖現象，且抗病因子與無葉舌、稃尖色、柱頭色、矮性、石炭酸反應等因子間亦無連鎖現象。

(六)各種質性狀之遺傳因子分析

利用 Jodon 及 Nagon 之遺傳基因標識稻及人工誘變獲得之各種突變稻爲材料，進行適當之雜交組合，調查各性狀之分離情形，並以 Immer 之積算法 (product method) 和最大近似法估算各性狀遺傳因子間之交換值，以定位各該遺傳因子在各該連鎖群之位置，先後被研究及定位之性狀有矮性、稃尖色、穀粒無毛、無葉舌、長護穎、散開性、細葉、捲葉、糯性、簇粒、紫米、紫葉、石碳酸反應、紅米、向地性、莖葉脆性等，其遺傳行爲概受一對隱性因子所控制，各性狀之連鎖群亦已被定位。詳細試驗結果可參考謝順景博士之「臺灣遺傳育種研究最近進步之檢討」一文 (發表於1976年科學發展4卷12期)。

(七)數量性狀之遺傳研究

有關數量性狀之研究研究大致可分成兩類，一是在不同栽培環境下探討各遺傳介量之變異，企圖提供一較具選拔效率之栽培環境條件；二是水稻數量性狀在特定栽培條件下之量的遺傳行爲表現。

在不同栽培環境下各數量性狀遺傳介量之變異方面，係由嚴盛添博士開始推動，以各親本及雜交 F_2 族群在增肥及密植組合成之四種栽培條件下，探討各數量性狀在各個栽培環境下之遺傳行爲，並比較各栽培環境下各數量性狀遺傳介量之變異，探討最佳之選拔環境。經兩年之試驗，發現普通栽培密度且多肥的環境下，更能表現各性狀之特性，育種選拔效果亦較佳。自1971至1976年以相似之試驗架構，採用不同材料重覆本項研究，結論似未一致，可能與所用組合不同有關。此外，本所亦曾進行不同環境 (栽培地點、密度、氮肥用量) 下稻花分化及幼穗發育之組織解剖觀察，並推算其與產量之關係。

有關數量性狀之遺傳研究方面，曾使用穗重型與穗數型各兩個品種之四親本全互交材料，

進行抽穗期、株高、分櫱數、穗數、穗長、穗重、一穗粒數、結實率、百粒重、產量等主要性狀遺傳行為之分析，亦曾使用秈粳稻各兩個品種之四親本全互交材料，探討株高、穗數、穗長、一穗穎花數、結實率與千粒重之遺傳行為，獲得若干數量性狀之遺傳機制，唯上述兩研究之親本數較少，所得遺傳訊息之參考價值亦待考量。本所又曾使用秈與稻稻雜交後代集團為材料，進行產量構成因素與產量關係之路徑係數分析，發現在秈與粳稻組合中，對單株穀產量變異最具影響力之性狀為穗數，在粳與秈稻之組合中則以結實率之高低對單株之穀產量有最大之支配力。此外，在水稻粒型之遺傳研究方面亦曾獲得許多基本訊息。

㈧抗黃萎病之遺傳育種研究

水稻黃萎病係由類似菌質體 (mycoplasma-like organism) 所引起，而由黑尾葉蟬、偽黑尾葉蟬和厚尾葉蟬等媒介昆蟲所傳播。本項研究以感病之臺農 61 號和臺南 5 號及抗病之 Firooz-1 及 Kabara 為父本或非輪迴親，以譜系法和連續回交法同時進行。經五年時間選出五個抗病品系，全部選自以臺農 61 號為母本或輪迴親的雜交組合，其中 YD-15、22、28 和 75 等四個品系之抗病因子來自 Kabara，僅 YD-62M 品系之抗病因子來自 Firooz-1。五個品系之產量在第一期作均較臺南 5 號高，但第二期作則因褐飛蝨為害而影響產量甚鉅。五個抗黃萎病品系之不具褐飛蝨抵抗性為其最大缺點，但仍可供為進一步從事抗黃萎病育種的良好種原及供橋樑親本之用。

㈨大粒種原利用之遺傳研究

利用大粒種原可能為提高現有品種產量潛能的有效途徑之一，但現有大粒種原或因穗數少，或因穎花數少，或因株高較高，很難予以直接利用，必須經藉育種手段改良若干性狀。本所曾利用四個中粒品種與五個產量構成因素變異極大之大粒品種行九親本之全互交，探討抽穗期、株高、穗數、一穗穎花數、穀粒千粒重、粒長、粒寬、穀粒長寬比、單株產量、全株乾重及收穫指數之遺傳行為，獲得若干有價值之基本遺傳訊息，並得知各性狀一般組合力頗佳之大粒型水稻品種 Pegonil。經與臺農 67 號雜交後再與臺農 67 號連續多次回交，企圖育成臺農 67 號之大粒同源 (isogenic) 系統，以為進一步生理遺傳研究之用，目前已連續回交六次，具有相當成績。

㈩稻米品質性狀之遺傳研究

有關稻米品質性狀之研究為本所自 1978 年以來之研究重點之一，早期在探討營養品質蛋白質含量之遺傳變異，其後進行秈粳稻雜交後代之直鏈澱粉含量及膠體硬度等兩個食用品質評估性狀遺傳行為之探討，此外尚進行秈米烹調與食用品質性狀之全互交分析、直鏈澱粉含量與蛋白質含量之變異、碾米品質與米粒外貌之變異、栽培地點與稻米品質性狀之表現、米粒白堊質性狀之遺傳分析、澱粉連續黏度值遺傳分析等多項研究工作，皆能獲得有用之基本資料。而考慮食用品質評價應以生米煮成之熟飯為之，本所亦曾進行米飯物理性與食用品質關係及其相關遺傳研究，亦獲得諸多具體結果，對本省良質米育種計畫有極其深遠之影響。從事稻米品質性狀遺傳與變異研究多年之郭益全博士，因而被中華農學會評為民國 83 年度之農業學術獎得獎人。

二、育種技術

本所為臺灣農業基礎研究機構，研究層面涵概理論與應用兩層面，對育種技術之研究堪稱為農林廳所屬機構中最為深入紮實者，對本省稻作產業影響最為深遠，茲分項敘述之。

㈠稻種原搜集及保存

本省稻種原搜集及保存工作一直由本所農藝系稻作研究室執行，至 1991 年止種原庫已有稻種四千餘種，其間曾得農復會 (農委會前身) 之補助，於 1964 年將稻種原整理出版「臺灣省農業試驗所保存稻種誌」一書，供試驗人員參考之用。復於 1982 年第二期作起，將四千多種種原分批每年調查約 600 至 800 品種，調查項目均依照國際稻米研究所之標準，計 43 個植物性狀，其它調查性狀包括各種病蟲害之抵抗性及米質等計二十餘項。自 1985 年開始將調查所得資料輸入電腦儲存，至 1991 年已完成資料建檔工作，隨時可列印或查詢應用。在此期間，於 1987年在行政院農業委員會、臺灣省政府農林廳及亞太糧食肥料技術中心監督下，執行彩色臺灣稻作品種圖誌之實際編纂工作。本項稻種原搜集及保存任務已因1993 年本所作物種原庫之正式運作，而由稻作研究室轉移至作物種原室，有關事項亦由作物種原室撰述，此處不再重複。

㈡水稻雜交技術

水稻爲自花授粉作物，雜交技術包含去雄與授粉等工作，爲水稻品種改良最重要技術之一。1901 年日本 Hoshino 使用剪穎法進行水稻人工去雄後，百家爭鳴，諸法並陳，唯各法均優缺點具存，有待改善。

本所爲因應育種實際需要，每年均需進行大量雜交工作，大致採用 1955 年渡邊忠夫發展之方法，但母本經溫湯處理後，小花僅能保持約一小時的開放狀態，內外穎隨即閉合。換言之，花粉必須在此時間內成熟，否則無法進行授粉工作。爲解決此一問題，先後就延遲內外穎閉合、促進父穗開花、促進父穗花粉成熟、如何保存父穗的花粉等問題進行系列探討。其中以延遲內外穎閉合最爲困難，因而以剪穎法配合之；亦即母本採用 Jodon 溫湯去雄法去雄並配合剪穎，應用暗室法促進父本開花，授粉採用集體授粉法。本法經鄧耀宗與許東暉以「改良式水稻雜交法」爲題正式發表於本所「農業研究」雜誌，目前本省各場所或其他研究單位之水稻雜交均使用本法。

爲提高雜交結實率，鄧耀宗先生於 1980 年左右自國際稻米研究所引進眞空吸取花藥裝置，吸除已剪穎小花上尙殘存之花藥，俾暢通管道，增進花粉與柱頭接觸之機率，大幅提升雜交成功效率。

㈢秈稉稻雜交之育種

亞洲種栽培稻主要可分爲爲秈型稻及稉型兩大類，兩稻型不僅在形態、生態、生理及血清反應等方面殊有不同，對外在生育環境之適應力亦有若干程度之差異。因此綜合兩型優點是育種家長久以來努力的目標之一。一般言之，秈稉稻雜交 F_1 之稔實率變異極大，依各該雜交親本之不同而有所差異。有關秈稉稻雜交稔實障礙之遺傳假說可大別爲兩類，其一爲基因位階之差異，即配偶子發育因子 (gamete-development genes) 及重覆稔性因子 (duplicate-fertility genes) 相互作用所導至之低稔學說，其二爲同源染色體結構之差異。基因位階差異所導至之稔實障礙約在 F_4 至 F_5 世代以後會逐漸消失，經以兩組秈稉稻雜交後代加予高及低的結實率個體之選拔，結果全部後代的結實率有逐漸變高的傾向，故推論秈稉稻雜種低稔性並非基因所引起，且對育種不構成問題。本所於 1992 年探討回交次數對稉秈稻雜種後裔稔實率及株高與育種選拔效率之影響，發現實際進行雜種後裔選拔時，於稉秈型稻單交者未能選出理想品系，經一、二次回交稉型親本者，於大部份之組合亦無法選出理想品系，經三次回

交，則於多數組合可以選出優良品系，但選拔效率低於 1% ，經四次回交後較易選得優良品系，而其選拔效率達 2% 以上。此外，本所曾於 1981 年行秈稉稻雜交後代單株穀產量之路徑係數分析，建議秈稉稻雜交育種時，穗數及一穗穎花數爲系譜法單株選拔時應注意的兩個重要選拔指標。

本所在秈稉異型雜交方面之遺傳育種研究工作尙多，唯早期均著重於稔實障礙遺傳機制之探討，而秈梗異型雜交集團主要經濟性狀之分離情形與遺傳變異的報告則較少。雖然如此，本省已登計命名之水稻品種中，仍有若干品種如臺農 67 號及臺稉 9 號具有秈稉兩型血統，其中臺稉 9 號米質優良，爲具可生產良質米潛能之水稻新品種。因此如就稻米產業長遠考慮，是否有必要嚴格區分秈稉兩型，值得思考。世界觀之稻米產業以稻穀之長、中、短等三型予以區分，每型各具特殊米質特性，其實用性也是一個值得思考的論題。

㈣分區及分期育種

作物的表現型受遺傳因子、環境因子及其兩者之交感作用所影響。本省稻作年有二期，而二期稻作比第一期作低產約 20% 左右；由於水稻在本省一、二期作的生長環境有很大的差異，適合於第一期作的水稻品種，是否適合於第二期作的氣候環境，並無定論。但是本省慣行的水稻育種工作均於第一期作與第二期作連續選拔，此種連續選拔方式可能淘汰了特別適合於第一期作或第二期作的系統，因而有分期育種之議。

本所早期在臺北曾以農林 48 號與臺中在來 1 號及嘉農 242 號與 Rizzotto 等二雜交組合爲材料，針對此一問題詳細試驗，結果顯示於第一、二期作連續選拔所育成的品系，較分期育種法所育成之品系，無論在一期作或二期作，均有較穩定之產量。亦即分期育種選拔的效果不彰，但嘉義農業試驗分所的結果卻顯示在第一期作選拔或兩期作均加以選拔所育成之品系，其期作適應性可能較只在第二期作選拔育成者爲佳。

1979 年本所再綜合研究分期育種之可行性，以連續選拔法所育成的品系對期作的反應爲主軸，分析的結果顯示無論是秈稻或稉稻，品種與期作間都沒有顯著的交感現象，而且一、二期作的產量具有正相關的趨勢。若以雜種後代爲材料進行分期選拔，無論於早期世代或後期世代進行分期選拔，都沒有顯著的效果。本所鄧耀宗與張萬來先生推論分期選拔缺乏顯著的成效，可能與品種及選拔方法有關；經再以國內外 106 個品種進行觀察試驗，發現自國外引進的秈稻品種對期作的反應，與國內秈稻品種對期作的反應有顯著的差異；另以 IR－24 與高雄秈育 11 號雜交第三代系統的研究結果，以二期作遺傳變方及遺傳率較高。本省各試驗場所除了進行學理研究外，從來均未實際從事水稻的分期育種，此因分期育種之育種年限需要延長一倍，多數育種家並不樂意接受。

本省地處溫帶與亞熱帶間，更因本島南北狹長，中央山脈貫穿其中，農業環境殊有不同，因此分區育種選拔爲另一個常被討論的問題。本所於 1967 年曾進行不同環境因子對水稻雜交後代集團遺傳形質選擇影響之探討，係以嘉農 242 x Baritol及臺中 65 號 x Baritol 等兩個組合之雜種後代於本省不同緯度且生育環境各具特色之臺北、臺中、嘉義、及屏東等不同地點培育選拔，測驗選育品系之產量，結果發現南部嘉義及屏東兩地育成品系有向臺北適應之趨勢，臺北育成品系則甚難向嘉義及屏東適應。此一結果顯示南部育成品系對光照鈍感，且因南部病蟲害種類多，發生頻率大，育成品系之病蟲害抗性較強；所獲得的一項假說爲位於北迴歸線之嘉義係水稻育種之理想地點，臺中之環境亦佳，但需選擇病蟲害易天然發生之地區或以

人工接種方式補救；在臺北育成的品系適應性較窄，育種效率不及中南部。此一推論與後來本所在臺北育成之臺農 67 號具有廣泛的適應性，全省曾有 70% 之栽培面積，形成爲强烈對比。

本省探討有關分區及分期育種之理論與實際的研究並不多，雖然 1978 年 6 月 7-8 日在本所召開之「臺灣二期稻作低產原因及其解決方法研討會」中，曾有熱烈討論，部份學者認爲改變雜交組合或選拔地點，應有期作性選拔效果之差異，故應實行分區及分期育種；部份學者則認爲以往本省的栽培品種，諸如臺中 65 號、嘉南 8 號、臺南 5 號及臺農 67 號，均能在全省廣爲栽種，故無分期分區育種之必要。亦即有關本省稻作分區與分期育種等問題，並無較一致之觀念與實際作爲。

針對此一問題，本所亦曾以水稻雜種後代於不同栽培密度，施肥量或不同種植期下選拔，雖出現不同選拔效果，但差異不大，對實際育種工作並無明顯之作用。

㈤系譜法與混合法

自花授粉作物雜交育種對雜種後裔之處理，主要採用兩個方法，其一爲系譜法(pedigree method)，另一爲混合法 (bulk method)。前者在早期世代即開始選拔，後者在早期世代行普通栽培，俟後期世代同型接合體出現頻度高時再行選拔。混合法及系譜法各有優劣，育種家之評價不一，而在實際育種績效方面亦各有勝場。本省各試驗場所 (包括 1985 年成立之稻作育種小組在內) 對水稻雜種後裔之處理，一般均以系譜法爲主。鑑於系譜法與混合法在本省實際水稻選育上之利弊得失，並無試驗資料可資印證，本所乃於 1961 年以日本型 x 日本型及日本型 x 印度型等兩個不同型別雜交組合探討兩法之育種效果，試驗結果與國外報告大致相同，數據顯示混合法較適合於近緣雜交組合，系譜或分組法較適合於遠緣雜交組合。

㈥世代促進法

水稻雜交初期世代之後裔，於冬天不另加溫的玻璃溫室內栽培，一年可勉强完成三個世代分離材料之繁殖，以加速獲得較純質固定之育種材料。此一世代促進法(rapid generation advance，RGA) 在國際稻米研究所及日本應用的相當多，但本省尚無場所以此法行育種。考其原因，部分係溫室設備不盡理想，一年內完成三個世代過於勉强，而主要原因當是本省水稻育種以系譜法及回交法爲主，各世代均需行汰選，溫室世代促進法不易實施；同時，本省稻作年有兩期，雜交後裔以世代促進法處理，節省時間有限。但以往嘉義分所檢討以世代促進方法縮短水稻育種年限之可行性，企圖提高育種效率，結果顯示可由一年二世代增至三世代，縮短育種年限；並曾進行本法在水稻抗褐飛蝨育種之研究，發現利用世代促進法早期檢定分離集團對褐飛褐之抗蟲性，有利於抗蟲選拔，對育成系統之生產力及主要農藝性狀均無不良影響。本所農藝系稻作研究室最近曾進行系譜法、混合法暨世代促進法 (單粒及單穗) 之育種檢討，資料正整理中。一般而言，本所亦視必要以此法進行若干特殊水稻材料之培育，以供特殊目標試驗研究之需。

㈦病蟲害抗性

作物對病蟲害之抗性有直式抗性及水平抗性之分，具直式抗性品種易因病原之變異而使抗性崩潰，含水平抗性之品種則抗性持久，多品系材料之抗性則被認爲與含水平抗性之品種者相當。本省地處亞熱帶，高溫多濕，病蟲滋生繁衍，故稻作病蟲害種類繁多，其中稻熱病爲本省最重要之眞菌病害，因此本省一向重視水稻的抗稻熱病育種。在實際工作方面，均以

直式抗性育種爲首要手段，故雖曾育成多數抗病品種，但推廣後不久就失去抗病性。一般而言，秈稻品種之抗稻熱病性較稉稻持久且穩定，例如臺中在來 1 號自 1957 年命名推廣以後，一直保持對稻熱病的抗性，至 1980 年仍呈中抗反應。稉稻的抗病性則較不能持久，往往在命名推廣後二至三年就有罹病現象，甚或在命名推廣的同一年就發生嚴重罹病現象，諸如光復1號、光復 401 號、嘉農 242 號、臺中 184 號、臺中 186 號、臺南 6 號及臺東29 號等，主要原因是所用的抗源 90％ 以上均來自「茘枝紅」。茘枝紅具有 Pi-k 抗稻熱病基因，並有 3－4 個相對基因可交替，而本省已往育成的抗病品種所具有之抗病基因可能是 Pi-k 相對基因的輪流交替，故於短時間內抗性即崩潰。

本所嘉義分所曾自美國引進抗稻熱病種原 CI5309 (源自中國大陸)，其稻熱病抵抗性已被引入臺農 62 號及臺農 70 號等品種，臺農 69 號也接受此一抗源 (臺農 69 號稻熱病抗性有部份係源自野生稻 *O. rufipogon*)，其中臺農 62 號在國際病圃中之表現有如 Tetep 品種之抵抗性。本所亦曾使用 Tetep、Carreon、Dular、 Dawn 等種原，以期以回交育種法將這些來自秈稻的抵抗性引入臺農 67 號，並進行育成品系間的互交，預期以累積抗病基因方式對抗本省的稻熱病。綜合言之，在 1980 年以前育成之抗病品種，如嘉農 242 號之抗病親本爲 NC 4，臺農 62 號爲 CI5309，其餘爲茘枝紅；1980 年以後所育成之品種，在抗病親本之應用方面則較爲廣泛，臺農 68 號之抗病親本爲 ASD-7，臺農 69 號爲 *O. rufipogon*，臺農70 號爲 Mudgo 及 CI5309 等。

本所目前所已開始檢討稻熱病直式抗性及水平抗性之應用，期望將來能育成有較持久抗性之品種。

本所於 1968 年起執行抗稻熱病多品系品種之育種，連續進行約八年之久。輪迴親爲臺南 5 號及嘉南 8 號，使用稻熱病菌生理小種爲 12、13、16、17、22 和23 ，併用四個天然病圃；抗源是臺中 184 號與 186 號、臺中試 115、Pi No.4 及C115 等。育成的多品系品種，除了在白河、萬巒第二期作外，均比對照品種高產，稻熱病爲害也有減輕之趨勢，但所育成的單或多品系品種並未提出申請命名登記。以臺中 65 號、臺北 309 號、臺農 60 號及其混合品種在臺北進行產量比較試驗，第一期作有顯著的產量差異，第二期作則無；均以臺北 309 號最高產，顯示這些品種的混合品種在臺北地區沒有應用價值。又檢定臺南 5 號及臺中 184 號的混合種及其 F_2 族群在稻熱病圃之反應，雖然混合種及 F_2 的稻熱病抵抗性提高，但仍以臺中 184 號最抗病高產。在本省中部以臺農 69 號與臺中 189 號(1：3)之混合品種的稻熱病抵抗性及產量最佳。本所於 1987 年亦進行若干混合品種試驗，稻作育種小組曾組織有關試驗場所全面檢討以混合品種行大面積栽培之可行性。唯混合品種之使用至今仍尚留在理論驗證階段，並未正式推廣運用。

稻白葉枯病是一種細菌性病害，在臺灣地區，白葉枯病通常在水稻生育中、後期發生；一般而言，第二期作水稻較易於早期發病，且秈稻比稉稻容易感染。唯近年來一與二期作均普遍發生白葉枯病，已命名之秈稉稻品種概不具抵抗性。鑑於本省秈稉稻品種對白葉枯病普遍不具抵抗性，且白葉枯病爲害日趨嚴重，農政決策單位對育成抗病品種非常重視。

由於白葉枯病不易以藥劑防治，因而抗病育種工作格外重要。本所早期爲蒐集抗白葉枯病之稻種原，於 1968 年檢定 395 個秈稻品種，結果未發現抗病品種，顯示國內秈稻品種缺乏抗白葉枯病種原。爲改善國內秈稻品種對白葉枯病的抗病性，先後自國際稻米研究所引進抗病種原，與國內秈稻品種雜交，並選育抗病品系。復於 1973 年起在農復會與國科會的資助下，

分別在臺北、臺中、嘉義、及屏東等四處進行新育成稻品系抗白葉枯病檢定工作。由於田間自然發病機率不大，均以人工剪葉接種法檢定之。於 1973 年檢定 75 個秈稻品系，發現中抗以上之品係僅佔11% ，19% 屬中感，其餘 69% 屬感病，可見在當時育成之秈稻品系中，具抗白葉枯病者尙不多見。其後因因全省四處檢定結果大同小異，決定白葉枯病檢定工作由臺中區農業改良場負責。目前國內抗白葉枯病病所用抗病基因分別來自 IR580-30-2、TKM-6、Sigadis 及 Tadukan 等引進種原。

紋枯病是由 *Rhizoctonia solani* 病原菌所傳染，因其寄主範圍非常廣泛，到目前爲止尙未發現抗病種原。本所曾以人工接種法在玻璃溫室及田間進行試驗，得知半矮性品種因上下葉鞘重疊，利於紋枯病菌絲之蔓延；而植株高大之品種，由於上下葉鞘間並不互相連接，有阻礙菌絲向上伸長的現象。葉片彎曲的品種因葉片間彼此相互交叉，有助於菌絲之蔓延。本所爲進一步探討水稻抗紋枯病之篩選方法，將雜種後代接種紋枯病病原菌後，採用不同的篩選方法以比較選拔效應，結果顯示稻對紋枯病抗性之遺傳力偏低，且早期世代的選拔效率較差；若於晚期世代進行系統選拔，可獲得較佳之效果。

稻褐飛蝨抵抗性之育種係於 1978 年本所嘉義分所獲得抗蟲種原後開始，臺灣抗稻褐飛蝨育種的起步雖晚，但成果豐碩。早期抗褐飛蝨育種主以秈稻爲主，但秈稻再培面積在過去二十年來一直下降，至今只有三萬餘公頃，故對本省整個稻作產業的貢獻有限。嘉義分所繼續從事稉稻品種抗褐飛蝨之改良工作，於 1982 年推出本省第一個稉稻抗蟲品種臺農 68 號，此後，本所及嘉義分所分別再育成臺農 69號及 70 號兩個品種。亦即稉稻的抗褐飛蝨育種雖起步較晚，但已有三個品種登記命名，其中臺農 68 號具有 bph2 抗蟲基因，臺農 69 號具有 Bph 3 抗蟲基因，臺農 70 號具 Bph1 抗蟲基因。目前以回交育種法由秈稻將抗蟲性引進臺農 67 號，抗蟲基因包括 Bph1、bph2、Bph3 及 bph4 等四種，而抗性利用概以直式爲主。

(八)雜種品種之育成

本所自 1969 年起開始以 F_1 無性繁殖或 F_2 進行雜種優勢利用之試驗，後來發現此一途徑並非理想，故於 1974 年改爲細胞質雄不稔性 (CMS) 途徑的探索；至今已相當多年，但其間曾中斷 3－5 年。初期以育成具不同細胞質的不稔系爲主，所用細胞質有 Chinsurah Boro II、*Oryza rufipogon* 及 *Oryza spontanea* 等多種，育成之 CMS 系統曾在人工氣候室內不同溫度下詳予調查，經發現 *O. rufipogon* 的不稔性系最穩定。此階段曾先後育成具 *O. rufipogon* 等細胞質之雄不稔系多個，而雄不稔系則包括稉稻及秈稻等。此一期間在細胞質雄不稔性方面的研究重點在於雄不稔性基礎問題的探討，尤其專注雄不稔性系統花藥之細胞學及解剖學的研究觀查。1980 年開始利用珍汕 97A、B 等材料進行不稔系與雜種種子生產試驗，不稔系的結實率大約在 30% 左右，每公頃約有 1,200 公斤之種子生產量，雜種種子生產量約爲每公頃 500 至 800 公斤。1982 年選出高產雜種品系 HRTNGY 1及 2 號，加上引自大陸之雜種品種汕優 6 號，均顯示有 20-30% (第一期作) 及10% 以下 (第二期作) 之增產效果。但該二品系於 1983 年區域試驗顯示嚴種的期作交感反應，在第二期作的表現不佳，遭致挫折。產量穩定性差是本省育成水稻單交雜種品種之一大弱點。

目前本所進行的雜種品種研究方向已有所改變，以育成適應於本省環境的不稔系、 Rf 系及優良米質品種的不稔系等爲重點，同時與世界各稻作研究機關交換引入新的細胞質雄不稔種原；本所在雜種水稻育種工作方面仍以三系法爲主，將考量二系法的利用價值，希望未來

會有突破性的進展。

㈨擴大栽培稻之遺傳變異

改良商業品種之推廣栽培，往往導至單一品種栽培面積急速擴張，降低該一作物之遺傳變異，產生潛在危機。本所發現 1960 年代前後的水稻商業品種幾乎都與臺中 65 號有親緣關係，部份親緣係數更高達 30% 至 50% ，與秈稻品種的親緣係數則較低。二十年後，此一現象已有鉅大轉變，70% 以上秈稻面積的栽培品種是半矮型品種或與之有親緣關係，而約 70% 稉稻面積的栽培品種與秈稻半矮型品種有親緣關係，顯示秈稉兩亞種間，種原遺傳變異的應用已得到一定程度之效應，而此類半矮型基因爲獲自低腳烏尖之 *sd 1*基因。

爲進一步擴大栽培品種之遺傳變異，本所自 1991 年起進行栽培稻與野生稻間之雜交，獲得類似半矮型基因 *sd 6*之品系及多數病蟲害抗性強之品系；其中含類似半矮型基因 *sd-6*之品系已於 1993 年第二期作由本所與臺中區農業改良場觀查評估，而多數病蟲害抗性強之品系，則進一步行抗性檢定或繼續回交栽培稻中。

㈩其他

本所嘉義分所曾針對稻作產業若干問題，例如對環境因子之反應及米質問題等，進行諸多試驗研究，茲擇其重點，分述如下。

水稻品種耐鹽性：爲探求水稻品種(系)耐鹽測定方法，瞭解品種間耐鹽性差異以及耐鹽育種選拔之可行性，利用五種不同含鹽量之土壤爲處理進行試驗，發現鹽分濃度愈高時，鹽害快速而嚴重，以 0.3% 濃度檢定耐鹽性較爲恰當。水稻不同生育期之耐鹽性有異，植株愈大則抗性愈強，以秧苗四葉時檢定最佳。品種檢定結果以 Hasawi 之抗鹽性最強。

長粒型秈稻不同苗齡耐寒性反應：目的在建立品種間耐寒性檢定方法，供秈稻耐寒性育種之用。在不同苗齡耐寒性表現方面，品種間反應雖不大一致，但仍顯示三葉苗齡及五、六葉苗齡之反應較爲敏感；在此等苗齡時，以 10℃ 冷水檢定方法最爲適當。自國際稻米研究所引進 122 個品種及本省新育成秈稻品系 166 個，在三葉苗齡時以 10℃ 冷水槽調查耐寒性表現，288 個供試品種(系)中屬於一級耐寒者只有 12 個品系，二級者 31 個，三級者 54 個，四級者 138 個，五級者 53個，其中本省新育成品系僅有 2 個屬抗級，可見本省長粒型秈稻耐寒性育種實有必要加強。在同時選拔耐寒而容重量高的品種時，認爲秈稻品種苗期耐寒性爲數量性狀，其遺傳力爲 27.6% 至87.4% ，表示早期分離世代進行選拔即有效果。

長粒型秈稻穀粒形狀對容重量及碾米率之影響：粒長與粒寬之比值及容重量爲負相關，而粒幅與容重量成正相關，顯示穀粒較短而肥之長粒型秈稻，其容重量較高。粒長、粒幅與長寬比、糙米率成負相關，顯示穀粒較短而肥之長粒型秈稻之碾糙率較高。

長粒型秈稻之休眠性與脫粒性：嘉農秈品種具有不同的短期休眠性，嘉農秈 6 號約二星期，嘉農秈選 8 號約一星期、嘉農秈 11 號不具休眠性。對有休眠性的品種而言，收穫後必須充分曬乾稻穀，使水分含量降至 13% ，一期作須浸種 48-72 小時，二期作浸種 24 小時，然後催芽 24 小時才能使發芽整齊。三個嘉農秈品種均具易脫粒特性，以嘉農秈選 8 號最易脫粒，次爲嘉農秈 11 號，嘉農秈 6號較不易脫粒。

栽植密度對水稻產量構成因素之影響：嘉農 242 號及嘉南 8 號水稻單株穀粒產量均隨栽植密度之增加而減少，每株穗數與密度關係類似單株穀產量，而每穗粒數則因密植而降低，每株穗數與穀粒產量具有極顯著之正相關。嘉農 242 號品種單位面積稻穀產量隨栽植密度之

提高而增加，然而嘉南8則號呈減少現象；其相關係數在嘉農242號因密植而增大，而嘉南8號則因密植而變小，每株穗數與每穗粒數及百粒重成負相關。每株穗數爲決定每株穀粒產量之最重要因素，每穗粒數次之。

不同栽培法對產量及其構成因素與主要農藝性狀之影響：改進栽培方法如密植及施肥方式可增加每穗粒數或千粒重及單位面積總穗數。穗長、穗重皆因肥料分施而顯著增加，但隨栽植密度之增高而減少，生育日數與株高受肥料分施之影響較少，而幼穗形成期施用氮肥對第一期作水稻增產效果不大，但對第二期作之增產效果明顯，其增產原因爲提高每穗粒數與千粒重。氮肥分施不影響生育日數，但抽穗期施用氮肥可延遲水稻之成熟期，幼穗形成期施用氮肥則有利於株高、穗長及穗重之表現。

三、利用花葯培養技術於水稻品種改良

以花葯培養獲得單倍體，再經由染色體倍加迅速獲得同質雙倍體，理論上可以減少甚至避免雜種子代所發生的特性分離現象，同時也可以將遠緣基因快速固定成純系，是一種先進的育種新方法，亦屬於育種技術之一部份。由於本所相關研究之成績豐富，因此分列一章，與其他育種技術研究成果加以區分。

本所將組織培養技術實際應用於水稻品種改良，在國內固爲首創，而部份基礎試驗研究在國際學術界亦佔有一席之地。本所組織培養研究工作係於1973年由旅美加學人陳其昌博士開其先河，進行水稻花葯培養試驗，在一年半的期間內奠定了日後本所水稻花葯培養成功的基礎；其後人事幾度變遷，於1978年正式成立組織培養研究室，由蔡新聲博士負責迄今，實際參與水稻育種工作則始自1982年，大量培養雜種F_1花葯，成果斐然。謹將相關資訊與成果摘述如下。

(一)水稻花葯的採取、消毒及接種

水稻劍葉之葉耳距離下位葉之葉耳約3-5公分時，稻穗中間部位穎花之花葯小孢子發育爲中單核期，是水稻花葯最適合培養之時期。連同劍葉自基部取下稻穗，經適度消毒，在無菌接種箱中取出稻穗，選取發育時期屬中單核期之小穎花培養，使產生癒合組織。高濃度的消毒液或過長的消毒時間會使花葯急速褐化，因而影響癒合組織的誘導率。

自穎花切取花葯時，應避免傷及花葯壁，以免花葯褐化及失去形成癒合組織的能力，同時避免體細胞產生癒合組織，增加後續工作上的困擾。切取花葯應在含適度成分液體培養基中進行，自穎花靠近花葯的基部將內外穎及花絲切斷，輕挑使花葯漂浮於培養基表面，再以前端彎曲成圓形的接種針，將花葯撈起接種於固體培養基上。同時確立花葯於培養基上之培養密度，並以溫度或調整培養基配方方式延遲花葯壁褐化。

(二)花葯癒合組織形成培養基之改良

早期試驗慣用之水稻花葯癒合組織形成培養基組成，係以1/2 MS基本鹽類培養基配合蔗糖及植物荷爾蒙爲主，後以N6無機鹽及MS之有機物，添加6% 蔗糖、4 mg/l NAA及2 mg/l kinetin，成爲改良D培養基，以稉稻臺農67號試驗獲得良好結果，培養花葯形成綠苗之比率可由原先之4.7% 增加至12.4%，應用於秈稉稻雜種之花葯培養，效果亦可提高3－4倍，促成應用花葯培養從事水稻品種改良之可能性。液體培養雖對癒合組織誘導有利，然卻對植株再生有不利之影響，因此並不適合水稻花葯培養之用。

(三)低溫處理稻穗對花葯形成癒合組織之促進效果

於培養前低溫處理花葯，可提高花葯培養單倍體形成的效果。包含於劍葉內之稻穗，以

7-10℃ 低溫處理一星期，可提高花葯癒合組織之形成倍率一倍，若能再配合使用改良培養基，則效果更佳。低溫處理可提高形成單倍體植株的百分率，但同時減少自然倍加之二倍體植株，對實際育種工作並不有利，因必須利用秋水仙鹼進行染色體倍加，但其成功率仍嫌太低，有待進一步努力。在水稻花葯培養初期以 35℃ 高溫處理 1－2 天，再移至 25℃ 恆溫培養，亦可提高癒合組織誘導率，且不影響其後之綠苗分化率。

㈣誘導單倍體及提高花葯培養育種效率

誘導癒合組織分化植物體最常用之培養基爲含有 3% 蔗糖、1-2 mg/l NAA 及 1－4 mg/l kinetin 之 MS 基本鹽類；不同廠牌及不同濃度的洋菜對花葯培養之效果不一，以洋菜及蔗糖所形成之水份逆境，可提高癒合組織誘導率及植株分化率，對實際育種極爲有利。培養環境一般爲 24-26℃恆溫下之光照處理(1500 lux，每日 16 小時)，雖然 30℃ 高溫誘導癒合組織形成之效果較 24-26℃低溫爲佳，但不利於癒合組織之分化，且有形成較多白苗之不良影響。花葯培養初期誘得之癒合組織比末期者較具分化力，亦即癒合組織自花葯誘得後極易因培養時間之延長而喪失其分化能力，一般在可見癒合組織後 10 天進行分化誘導最適當，過早移植會影響癒合組織之成活率，過晚 (超過 30 天) 則分化能力迅速降低，超過 40 天即已失去分化能力。早日移植癒合組織進行分化處理後所得之植物體，可產生較多之單倍體及雙倍體，減少多倍體形成之比例。以每一試管接種兩個面積約爲20 cm^2 癒合組織進行分化誘導較適當，過多會有相剋物質產生，影響分化結果。花葯培養的成效受母株植株生長環境左右，在週年栽培試驗中，以五月份接種之花葯的癒合組織形成率最高。

㈤水稻花葯培養之組織化學研究

水稻花葯培養單倍體的來源，可能由小孢子經過第一次花粉有絲分裂後形成一大一小之營養核及生殖核，營養核繼續分裂形成多細胞；或可能爲小孢子非極性分裂產生類似營養核之二個相同大小核，二個或任何一個均可分裂產生多細胞；另一種說法是水稻單倍體可源自生殖核或營養核。經本所行切片觀察，以營養核分裂而來最爲可能，營養核發育而來之多細胞有如胚之構造，這些擬胚體繼續生長後穿破exine及 intine，可形成一團無組織狀之癒合組織，或由多細胞邊緣長出第二次擬胚體，於誘導癒合組織形成的培養基直接分化爲兼具根基之正常植物體，而癒合組織則需經分化培養基處理才可誘導植物體形成。

㈥試管苗之移植及單倍體染色體之倍加

經誘導形成之植物體，在原培養基生長20-30 天，形成健全的根系後，即可洗淨所附著之培養基，移植於消毒過的壞土或泥炭土中。移植時需注意保持適當之溫度(25-30℃)及濕度，避免強光照射，於保濕的遮陰棚中培育約2-3星期後，成活之植株即可移至田間種植(成活率約在80-90% 間)。

誘得植物體的染色體倍數性，除可用根端細胞檢定外，亦可由植物的外表型鑑別。通常單倍體植株較爲矮小，內外穎細小而不結實；二倍體生長正常，結實較佳；三倍體營養生長正常，可開花但不結實；四倍體則植株高大，葉寬，內外穎大而有芒，結實率極差，穎果較大且部份有芒。

單倍體可經秋水仙鹼處理以使染色體倍加，其方法分爲葉鞘注射及浸漬二種，成功率約爲35% 。偶有單倍體種植田間，經宿根後自行倍加的情形，但比率不高。誘導單倍體產生癒合組織，再由此癒合組織產生核融合及endomitosis，以達到倍加染色體的效果；此法雖亦可

行，但過程較爲繁覆，不適用於眞正育種時多量單倍體產生之場合。

㈦秈稉稻雜種的花葯培養及未來研究方向

水稻花葯培養產生單倍體的技術，由於各項培養條件之確立，花葯癒合組織形成培養基之改進及人力方面之配合，目前每期作最高可生產秈稉稻雜種及針對改良臺農67號抗病蟲能力雜交組合之花葯來源植物體三萬株以上，可惜其中白苗佔半數左右，育種效率因而降低，今後應加强研究花葯培養白苗形成之機制。在所獲得之一萬餘株綠苗中，單倍體約佔半數，而利用秋水仙鹼倍加染色體，由於極易受秋水仙鹼濃度、處理時間、溫度及單倍體植株大小所影響，至今仍不十分成功，如何建立標準化的秋水仙鹼倍加單倍體技術，對實際育種將有重大貢獻。此外，增加自然倍加雙單元體植株形成的比率，亦可免除倍加單倍體的步驟；目前每一期作約可獲得二千株以上之自然倍加雙單元體植株，理論上此一數量約相當於傳統育種法雜種F_2世代二百萬株，可節省下許多人力、財力、物力及時間，且選拔效率提高，故本所已將本法實際應用於水稻育種工作。

四育種實績

國內稻作育種運作自 1985 年第二期作起，在農政主管之主導下，廳屬各試驗場所之稻作育種人員組成臺灣省稻作育種小組。在此一架構下，國內之稻作育種由以前各單位間各自進行，改成目前之團隊分工、彼此合作。合作的方式是雜交與早期世代（通常至雜交後第五代之選系）由農試所總所及嘉義分所在育種小組督導下執行，後期世代則由各區改良場在當地環境下進行篩選；各類特性分由各場所行統一檢定。小組每年開會兩次，討論共同關切之問題及各場所遭遇問題之因應對策。在此體制下，由各區農業改良場向育種小組提出新品種之登記命名，再由育種小組正式向農林廳申請，故自 1985 年以後，本所及各區農業改良場已無單獨申請命名登記之新品種。由於本所召集主持稻作育種小組業務，並負有雜交與早期世代選育重任，因此在小組架構下扮演重要角色。茲以 1985 年成立稻作育種小組爲分界點，分述本所在稻作方面之育種實績。

㈠稻作育種小組成立前

引種是進行作物品種改良之首要工作，前行政院副院長徐慶鍾博士於 1976 年自日本引入諸多早熟品種，交由本所執行各種試驗，結果選出早熟、耐寒、品質佳之的豐錦、越光、世錦等品種，經由各區農改場共同辨理區域試種，認爲較現有蓬萊稻品種約早熟 20 天，可利用於改進輪作制度，同時兼具品質優良特性。此一引種計畫計有兩品種通過登記命名，即轟早生於 1978 年；豐錦於 1981 年由臺中區農業改良場提出。

在雜交育種方面，經查閱文獻，得知日人據臺之約五十年間，對臺灣稉稻之改良雖不遺餘力，但直到光復前，日人仍認爲臺灣所產稻米之品質尙稍遜於日本產者，而這些被日人認爲品質略遜之水稻品種，卻是光復後臺灣稻作產業重建之主要栽培品種。光復 1 號及 401 號雖然號稱爲臺灣光復後最先命名登記之品種，但大部份選育工作仍在日據時代完成。按光復 1 號係嘉義分所於 1947 年由日人遺留下的 148 個系統中，選出 24 個品系參加產量比較試驗，在此材料中編號 K110 品系對稻熱病抗性强且產量佳，因其爲臺灣光復後第一個申請登記命名之新品種，故由當時省府主席魏道明先生親予命名爲光復 1 號，在當時頗受稻熱病容易發生地區農友歡迎。

臺灣光復後第一個進行雜交、選育並完成登記之本土育成品種爲本所所嘉義分所育成之

嘉農 242 號，該品種係於 1946 年第二期作雜交，1951 年第二期作選出，而在 1956 年登記推廣。該品種因高產、抗病及米質佳，栽培面積甚廣。此後本所在農復會 (後改爲農委會) 黃正華先生之領導推動及多位同仁長期努力之下，各具特色之高產品種陸續被推出，成效斐然。

臺灣光復後到稻作育種小組成立時，本所先後曾育成秈稉稻等各型品種二十餘個；總所之育種實績在稉稻方面較突出，嘉義分所則對秈稉稻兩者皆有良好之成績。在稉稻方面最著名之品種爲臺農 61 號及 67 號，後者因具有半矮性基因，耐肥性佳，不易倒伏，適宜機械收穫，同時因具豐產與耐粗放栽培特色，故推廣後栽培面積急劇擴張，在 1982 年兩期作合計之栽培面積高達 45 萬餘公頃，佔當年度稻作栽培面積 70％ 以上。臺農 67 號品種雖不抗稻熱病，但罹病後恢復極快，農民可及時操作，確保產量，故至今仍爲本省栽培面積最廣之最主要稉稻品種。根據農林廳統計，1992 年臺農 67 號栽培面積仍達 30 萬公頃以上，約佔本省稻作栽培面積的一半左右，爲本省百年稻作栽培史上表現最優異的品種。推廣十幾年來，估計增加農民收益達四百五十億元以上。其他如臺農 68 號爲本省第一個抗褐飛蝨之稉稻品種，臺農 69 號爲第一個具 B ph3 褐飛蝨抗性之稉稻品種，臺農 70 號爲良質米推荐品種，臺農 72 號爲本省第一個稉型香米品種，亦均各具特色，對臺灣稻作產業自有其一定之重要性。

在秈稻方面，嘉義分所於 1973 年育成嘉農秈 6 號及嘉農秈選 8 號兩抗病高產品種，較臺中在來 1 號品種增產 10－20％ ；另有嘉農秈 11 號爲第一個秈稻抗褐飛蝨品種，在褐飛蝨發生嚴重地區可較臺中在來 1 號增產 30％ 以上。1979 年因嘉農秈育 12 號品系具早熟苗期較耐寒、中抗白葉枯病及抗褐飛蝨等特性，被命名爲臺農秈 12 號；1982 年命名臺農秈14號，具有抗稻熱病、白葉枯病與褐飛蝨及葉片直立等優良特性，但耐寒性較差且不耐重肥。1984 年第二期作命名臺農秈18 號及 19 號兩個秈型品種，臺農秈 18 號再生力强、耐肥性佳及稍易脫粒，適合宿根栽培；臺農秈 19 號稈粗穗大、株型佳及稍具休眠性。第一個秈稻香米品種臺農秈 20 號在1986 年 6 月以嘉農秈育 43 號品系名稱申請命名審查，獲得通過，其主要親本爲嘉農秈 8 號、臺農秈 12 號、IR841-33-1-3 (香米品系源自泰國香米 Khao Dawk Mali)、IR8、IR18 及 B engawan，米粒透明富光澤，外觀品質良好，具有類似梗稻之軟膠体特性，食味佳，植株葉片及米飯均揮散清香，因稍易脫粒而不宜過遲收穫。總所於1984 年育成臺農秈糯 2 號，爲中短粒形之秈型糯稻品種，具高產、抗稻熱病、抗褐飛蝨及强桿耐肥等優良特性。

㈡稻作育種小組成立後

自稻作育種小組成立以來，經由團隊合作，獲准命名登記之稉稻品種爲數頗多，在小組成立初期各試驗單位已近完成命名所需試驗之材料，仍以各機關原有命名制度予以登記，計有本所提出之臺農 70 號與 72 號，臺南區農業改良場提出之臺南 9 號，臺中區農業改良場提出之臺中 190號，及高雄區農業改良場提出之高雄142 號。於稻作育種小組成立後方進行雜交或統一選育工作所得之優良品系，則均以「臺稉」及「臺秈」予以申請登記，獲准命名之品種有臺稉 1 號、臺稉 2 號、臺稉 3 號、臺稉4 號、臺稉 5 號、臺稉 6 號、臺稉 7 號、臺稉 8 號、臺稉 9號、臺稉 10 號、臺稉 11 號、臺稉糯 1 號、臺秈 1 號及臺秈糯 2 號等。以上合計共有十九個水稻新品種，新品種之除共具豐產特性外，尙對稻熱病或褐飛蝨等本省重要病蟲害具有抗性或耐性。這些新品種又可大別爲良質米、早熟品種及香米品種，增加栽培時之選擇性，可提高農民收益率及提供消費者食米之多樣選擇性。新品種經示範推廣後，多能受到農民歡迎，1993 年之栽培面積達 151,056 公頃，佔全省稻作總栽培面積約 39.45％ 。

未來展望

米食最具多樣化，爲中華文化之一；而臺灣稻作產業因兼具生態性、生活性及生產性，其重要性因國內農業主客觀環境之改變而益趨突顯。亦即稻米並不僅僅是一種最重要的糧食作物，對臺灣的生態與環境亦有重大影響。因此「稻米生產企業化、稻農生活現代化、稻田生態自然化」爲本所在進行稻作研究時所著重之目標。換言之，此一「三生」稻作係本所稻作研究爲持續維護臺灣生態環境、永續本省稻作產業及因應我國進入國際關貿總協後對本省稻作產生衝擊之長程戮力目標。具體言之，今後本所之稻米改良將以持續提升品質、降低人力資源投入與減少農用化學製劑用量等爲目標，以創立省產稻米品牌，大幅降低生產成本及避免過度污染環境，同時力謀提高及穩固省產稻米的國內外市場競爭能力，兼以永續本省稻作產業及我中華米食文化。就今後擬採行的育種策略而言，一則全方位系統性蒐集及評估良質等種原，以建立育種資訊庫，及藉由稻種間雜交或其他生物科技以擴大栽培稻之遺傳歧異性，建立各標的性狀之基因庫；另一方面檢討現行對稻熱病、白葉枯病及稻飛蝨等主要病蟲害抗性種原之利用方式，積極檢討穗形、米粒外貌與食味品質間之關係，並適時運用生物科技，確立良質米選拔指標。相信合宜搭配此有限的人力及資源，工作同仁以團隊合作與分工方式提高育種效率，則良質、豐產並適於低成本栽培水稻新品種之育成可期，本省稻作產業永續可期，臺灣生態環境維護可期，中華米食文化之永續可期。